УДК 621.791.76

С.В. НЕСКОРОМНЫЙ

СОЕДИНЕНИЕ СТЕРЖНЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ С КОРПУСНЫМИ УДАРНОЙ КОНДЕНСАТОРНОЙ СВАРКОЙ

Рассматриваются основные способы получения сварных соединений типа «корпусная деталь–стержень». Описывается новый способ соединения крепежных элементов ударной конденсаторной сваркой с магнитно–импульсным приводом (УКС с МИП).
***Ключевые слова**: ударная конденсаторная сварка, магнитно–импульсный привод, ковочное усилие.*

Введение. При изготовлении современной металлопродукции возникает необходимость сборки отдельных частей посредством использования крепежных стержневых элементов, присоединяемых к корпусным деталям. Сварные соединения типа «корпусная деталь–стержень» широко применяются в машиностроении, приборостроении, строительстве [1]. Конструктивные виды таких сварных соединений представлены на рис.1.

Рис.1. Конструктивные виды сварных соединений типа «корпусная деталь-стержень»

Для присоединения шпилек к тонким листам в основном применяются дуговые способы сварки: ручная дуговая сварка, сварка в среде защитных газов.

Использование дуговых способов сварки не позволяет приварить стержневой элемент к тонколистовой основе из-за опасности его прожога, подгорания резьбы, неперпендикулярности, необходимости применения защиты сварочной ванны от внешней среды; применение контактной сварки требует сложной оснастки. Также очень сложно приварить крепежный

стержневой элемент к корпусной детали из цветных металлов и их сплавов из–за разности физических свойств теплоотвода.

Использование контактной сварки, ударной и диффузионной, способов сварки в вакууме требует сложной оснастки, предварительных операций по созданию вакуумной среды. Недостатком этого способа сварки является низкая производительность.

Комбинированный способ очень трудоёмкий вследствие большого количества предварительных операций: вначале фланец приваривают круговым швом к отверстию горловины, затем в отверстия вворачивают шпильки, которые фиксируются сварным швом или герметиком; на горловину надевают крышку, отверстия которой необходимо совместить с местами установки шпилек.

На Западе фирма "Köco/Koster" использует технологию присоединения стержневых крепежных деталей «CD Stud Welding». Сварка осуществляется импульсной дугой с использованием пистолетов, оснащенных гидравлической системой подъёма и опускания шпильки. Скорость нагружения невелика и требуется использования защитной среды сварочной ванны с помощью флюсовых колец или защитных газов. Сварное соединение получается в жидкой фазе, поэтому не всегда возможно приварить массивный стержневой элемент к тонколистовой основе и сохранить исходную структуру свариваемого материала.

В России и странах СНГ применяют ударную конденсаторную сварку в радиоэлектронике для получения миниатюрных соединений. Она имеет большие преимущества перед рассмотренными способами, но наличие специального пружинного механизма для создания ковочного воздействия, а также невозможность сварки стержней диаметром более 2мм ограничивают её применение при изготовлении крупногабаритных сварных соединений [2].

Сварные соединения типа "корпусная деталь–стержень" целесообразно изготавливать без дополнительных операций, с одной установки. Все перечисленные способы имеют многопереходные процессы, а следовательно, требуют больших затрат при организации производства.

Постановка задачи. Для сварки цветных металлов и их сплавов предпочтительнее всего использовать импульсные способы сварки с накоплением энергии в батареях конденсаторов. В ДГТУ на кафедре "Машины и автоматизация сварочного производства" с целью интенсификации процесса ударной конденсаторной сварки были проведены исследования по привариванию массивных шпилек к тонколистовой основе из цветных материалов и их сплавов. Для обеспечения ковочного усилия и увеличения скорости пластической деформации в зоне соединения использовали магнитно–импульсный привод.

Для проведения исследований потребовалось произвести переналадку оборудования, изготовить оснастку и инструмент [3]. Установка состоит из генератора импульсных токов, технологического блока с измерительным стендом, предназначенного для регистрации параметров разряда ёмкостного накопителя энергии на индуктивную нагрузку, накопительного блока.

В качестве рабочего инструмента для перемещения стержневого элемента в зону сварного соединения применяли плоские индуктора с числом витков 6÷8. Плоский индуктор состоит из корпуса, в котором уложена токопроводящая спираль (спираль Архимеда), токоподводов,

изоляции и элементов механического усиления. Конический толкатель изготовлен из дюралюминия со стальной вставкой. Индуктор должен обеспечивать необходимое электродинамическое воздействие на заготовку и обладать при этом экономически целесообразной стойкостью.

Использование многовитковых индукторов позволяет получать различные давления при одной и той же величине запасенной энергии и собственной индуктивности установки в результате изменения числа витков индуктора.

В качестве оснастки использовали ручной пресс. Стержневой элемент зажимается цанговым зажимом, с помощью которого выполняется базирование стержня относительно плоской детали.

Анализ предложенного метода. На устройство для ударной конденсаторной сварки стержневых деталей с плоским основанием получен патент № 2007130908/22 (RUS) [4]. Принципиальная схема ударной конденсаторной сварки с магнитно–импульсным приводом приведена на рис.2.

Рис.2. Принципиальная схема УКС с МИП: 1 – генератор импульсных токов (ГИТ): Тр – трансформатор; В – выпрямитель; С – батарея конденсаторов; $К_у$ – коммутирующее устройство; 2 – плоский индуктор; 3 – толкатель; 4 – стержневая деталь; 5 – плоская деталь; Н – магнитный поток; $F_К$ – ковочное усилие; $Р_м$ – магнитное давление; $I_и$ – ток индуцированный; $I_р$ – ток разряда; $S_п$ – скорость перемещения

Сущность процесса заключается в следующем [5]. Стержневую деталь 4 приводят в контакт с плоской деталью 5 и включают последовательно в цепь с плоским индуктором 2 и генератором импульсных токов 1, что позволяет синхронизировать процесс протекания тока и силового воздействия в зоне соединения.

В процессе разряда батареи конденсаторов С по виткам индуктора 2 протекает импульс тока I_P, переменный магнитный поток Н которого обусловливает возникновение индуцированных токов $I_И$ в толкателе 3. В то же время взаимодействие магнитного поля Н индуктора 2 с током $I_И$ в толкателе 3 приводит к возникновению магнитного давления P_M, которое воздействует на толкатель, прижимающий стержневую деталь к корпусной.

Протекающий в зоне соединения деталей импульс тока взрывообразно испаряет микровыступ, дуговой промежуток заполняется парами металла, которые создают естественную защиту сварочной ванны от окружающей среды. В это же время под действием газодинамических сил осуществляется поверхностный выплеск оплавленного слоя деталей вместе с загрязнениями, включая оксидные пленки. Ковочное усилие, передаваемое стержневой деталью, завершает этот процесс. Очищенные поверхности совместно деформируются: происходит образование Т–образного соединения в твердой фазе, а жидкая фаза перемещается в галтельную зону соединения.

Результаты исследований. Производили сварку стержней диаметром 10мм с плоскими листами толщиной 0,5÷2,0 мм из меди М1, сплавов Л63 и АМг6.

Выявлены энергетические параметры [6], влияющие на качество сварного соединения при ударной конденсаторной сварке: ёмкость накопительного блока С; рабочее напряжение $U_р$; индуктивность рабочего инструмента $L_И$, определяемая числом витков индуктора N. Эти параметры процесса и оборудования полностью определяют энергию W и длительность воздействия на свариваемые детали $t_{СВ}$.

Для облегчения процесса возбуждения дуги на торце стержневого элемента предварительно был изготовлен цилиндрический микровыступ. Размеры выступа (*dв* - диаметр и *lв* - длина) существенно влияют на ход процесса сварки и зависят от диаметра (*Дст*) привариваемого стержня. Длина выступа определяет дуговой промежуток, и, следовательно, длительность взрывообразного испарения микровыступа. При малой длине микровыступа тепловыделение на свариваемых деталях недостаточно, при большой длине он не успевает полностью испариться, и прочность сварного соединения снижается вследствие уменьшения фактической площади контакта свариваемых деталей. Последнее объясняется тем, что на начальной стадии взрывообразно испаряется лишь небольшая часть выступа, остальной же объём металла микровыступа расплавляется во время горения дуги. При этом расходуется большая часть энергии, а её остатка должно хватить для оплавления торца шпильки. В некоторых экспериментах после механических испытаний наблюдалось даже неполное расплавление выступа.

В таблице представлены режимы сварки и прочностные характеристики образцов из сплава Л63. Диаметр стержня *Дст*=10мм, толщина плоского листа δ=0,8 мм, диаметр выступа/длина выступа *dв/lв*=1,3/1,5мм, рабочее напряжение $U_р$=2000В.

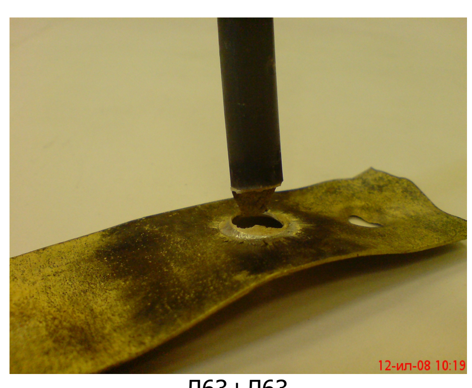
Режимы сварки и прочностные характеристики образцов из сплава Л63

Номер образца	Ёмкость накопителя С, мкФ	Энергия воздействия W, Дж	Число витков N	Усилие отрыва Р, Н	Предел прочности сварного соединения σ_B, Н/мм^2
1	1800	3600	6	1200	15,3
2	2100	4200	6	1600	20,4
3	2400	4800	6	2000	25,5
4	1800	3600	7	1380	17,6
5	2100	4200	7	1920	24,4
6	2400	4800	7	2360	30,0
7	1800	3600	8	670	8,50
8	2100	4200	8	750	9,50
9	2400	4800	8	950	12,1

Из таблицы видно, что наиболее рациональные режимы сварки соответствуют образцу № 6.

Методы и результаты испытаний. Прочность сварных соединений оценивали на отрыв, зону сварного соединения исследовали металлографическим анализом.

При испытаниях на отрыв разрушение образцов происходило по основному металлу. Это свидетельствует о том, что прочность сварного соединения не ниже, чем у основного металла (листа). На рис.3 представлен внешний вид сварных соединений после испытания на отрыв.



Л63+Л63

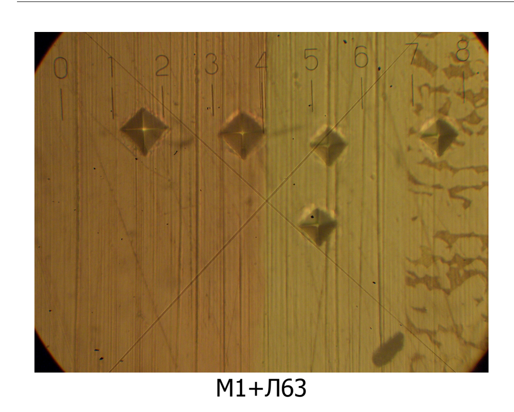


М1+М1

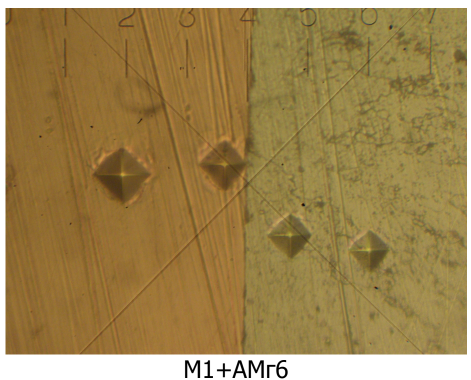
Рис.3. Внешний вид сварных соединений после испытания на отрыв, х1

Проведенные металлографические исследования зоны соединения не выявили образования общих зёрен. Микроструктурный анализ показал, что зона соединения характерна для сварки в твёрдой фазе известными импульсными методами. Имеется чёткая линия границы раздела–зона «схватывания», аналогично сварке взрывом и магнитно-импульсной сварке [7].

На рис.4 изображена зона сварных соединений медного сплава М1 со сплавами Л63 и АМг6.



М1+Л63



М1+АМг6

Рис.4. Микроструктура зон сварных соединений, полученных УКС, x485

Выводы. Предложен принципиально новый способ импульсной сварки с использованием магнитного привода в качестве фактора, создающего ковочное давление. Ударная конденсаторная сварка с магнитно-импульсным приводом позволяет осуществлять синхронный разогрев и интенсивную деформацию соединяемых поверхностей в зоне сварки, что позволяет соединять крепежные стержневые элементы с корпусными из цветных металлов и их сплавов.

Данный способ сварки относится к разновидностям контактной конденсаторной сварки, характеризуемой большими значениями сварочного тока 1÷100 кА в импульсе, ковочным усилием 600÷1950 $кг\cdot м/с^2$, малым временем его протекания 20÷200 мкс.

Библиографический список

1. Лукьянов В.Ф. Производство сварных конструкций: учеб. пособие / В.Ф. Лукьянов, Ю.Г. Людмирский, В.Я. Харченко. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2006. – 334 с.

2. Калеко Д.М. Ударная конденсаторная сварка / Д.М. Калеко, В.Э.Моравский, Н.А. Чвертко. – Киев: Наукова думка, 1984. – 200с.

3. Автоматизированная установка для магнитно-импульсной сварки / Е. Л. Стрижаков, Н. А. Хахин, М. Ю. Бацемакин и др. // Автоматическая сварка. – 2004. - № 2 (610). – С. 53-55.

4. Пат. 70839 Российская Федерация, МПК[7] B23K 20/06. Устройство для ударной конденсаторной сварки стержневых деталей с плоским основанием / С.В. Нескоромный Е. Л. Стрижаков. – № 2007130908/22; заявл. 13.08.07; опубл. 20.02.2008, Бюл. № 5. – 6 с.

5. Конденсаторная сварка с динамическим приводом / С.В.Нескоромный, Р.В. Меркулов, А.В. Сальник // Сварка и диагностика. – 2008. – №3. – С.15-16.

6. Белый И.В. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / И.В. Белый, С.М. Фертик, Л.Т. Хименко. – Харьков: Вища школа, 1977. – 168 с.

7. Каракозов Э.С. Соединение металлов в твердой фазе / Э.С.Каракозов. – М.: Металлургия, 1976. – 264 с.

Материал поступил в редакцию 26.01.09.

S.V. NESCOROMNIY

WELDED CONNECTION OF ROD PARTS WITH BODY PARTS BY ELECTRO PERCUSSIVE WELDING.

The welded joints of the type of rod parts and body part are applied in machine–building and building.
To get such joints for nonferrous metals and alloys by arc welding is extremely difficult.
For these purposes especially for welding large sized parts it would be advisable to use electro percussive welding with magnetic pulsed drive it combines thermal and forced influence on welded parts due to the condenser batteries charges on working tool inductor.

НЕСКОРОМНЫЙ Станислав Валерьевич (р.1981), ведущий программист, ассистент кафедры "Машины и автоматизация сварочного производства" ДГТУ. Окончил ДГТУ (2005).
Занимается исследованиями в области импульсных методов сварки цветных металлов и их сплавов.
Имеет 12 публикаций.

e-mail: nescoromniy@mail.ru